

# 北部湾海雾特点及海陆大雾差异分析

郑凤琴 周绍毅 韦晶晶 郭晓薇 卢小凤

(广西气象服务中心, 南宁 530022)

**摘要** 基于 2016—2017 年北部湾海洋气象浮标站、海岛站、内陆站的观测资料,对北部湾海雾的季节变化、生消特征和持续时间进行了统计分析,并探讨了海上和陆地大雾的差异性。结果表明:①2016 年北部湾出现海雾 37 d, 2017 年为 19 d;3 月海雾日数最多,4 月次之,12 月和 6—10 月未出现海雾;一天中出现雾的峰值时间为 03:00—05:00,雾消散峰值时间为 08:00—10:00;雾的维持时间绝大部分在 3 h 以内。②北部湾不同的地域和下垫面,雾的生消时间有所不同,海上雾(浮标站)的出现时间较海岛雾(涠洲岛站)、沿岸陆地雾(北海站)约提前 3 h 左右,消散时间推迟约 3 h 左右。③北部湾海雾绝大多数发生在风速小于等于 5 m/s 的情况下,以 1~3 m/s 最为适宜,海上雾多出现在 NNE—SE 情况下,沿岸雾偏南风居多;95% 的海雾出现在海水温度低于 25.0 °C 条件下。

**关键词** 大雾;海陆大雾差异;北部湾;海雾

**中图分类号:** P47 **DOI:** 10.19517/j.1671-6345.20190448 **文献标识码:** A

## 引言

海雾会降低海上或沿海能见度,严重影响海上交通、船舶航行、海洋捕捞等各类海上活动,并对沿海地区空气质量、人类健康等产生重要影响<sup>[1-3]</sup>。北部湾是我国沿海主要的海雾多发区之一,年均海雾日数达到 20 d 以上<sup>[4]</sup>,且多为平流冷却雾<sup>[5]</sup>,即暖湿空气流经冷海面、近海面空气冷却达到其露点温度而形成雾<sup>[6-7]</sup>。海雾形成后,在一定的条件下,可深入内陆几十甚至几百公里远,造成沿海地区出现低能见度的大雾天气<sup>[8]</sup>。通过对海雾特点和海陆大雾的对比分析研究,有利于更好地理解不同下垫面雾形成的条件,同时也有助于对海上雾和陆地雾特征差异的进一步了解。

过去海雾观测资料往往是通过沿海岸基本气象台或者岛屿气象台获取,国内许多学者利用近海和沿海台站资料对沿海地区雾进行了大量研究<sup>[9]</sup>。周发琇等<sup>[10]</sup>从黄海海雾不同季节的气候特征出发分析了大气环流背景场的特点,从而获得海雾与气候特征场之间的关系。江苏<sup>[11]</sup>、浙江<sup>[12]</sup>、福建<sup>[13]</sup>、威海<sup>[14]</sup>、大连<sup>[15]</sup>等地都对各自近海地区雾进行了研

究与分析,并探讨了雾的发生频率、日变化和持续时间等特征。这些研究表明,我国不同沿海区域雾的时空分布具有较强局地性,强度及持续时间等各地差别较大。还有一些学者利用海上观测资料对不同海区雾个例进行分析研究<sup>[16-20]</sup>。张苏平等<sup>[21]</sup>和史得道等<sup>[22]</sup>利用海上浮标站观测资料分析了黄海和渤海海雾过程中的海上气温差及边界层特征,有助于加深对海雾形成机制的认识。郑怡等<sup>[23]</sup>对比分析了渤海发生海雾时近海和沿岸站点的气象要素差异,从而获得不同下垫面海雾的不同特征。

目前针对海中、海边和海岸等不同地域海雾的差异研究较少,尤其是北部湾的海洋浮标站观测资料未能得到很好地分析和应用,因此有必要对海陆大雾的对比关系进行研究,深入了解北部湾海上大雾特点以及海陆大雾的差异。本文利用北部湾海洋气象浮标站的大气能见度、相对湿度等数据,揭示北部湾海雾的分布特点,对海上和陆地大气能见度的对比关系进行研究,进而得出海陆大雾的对应关系,以为业务人员利用陆地资料开展海上大雾的预报提供一些技术参考。

<http://www.qxkj.net.cn> 气象科技

广西自然科学基金项目(2016GXNSFAA380330)资助

作者简介:郑凤琴,女,1978 年生,硕士,高级工程师,主要从事应用气象预报研究与服务工作,Email:zhengfengq@sohu.com

收稿日期:2019 年 10 月 14 日;定稿日期:2020 年 1 月 20 日

## 1 资料与方法

海洋资料获取难度较大,一直是海上要素预报、研究方面的难题。北部湾海洋气象浮标站(109°10'E、20°30'N)建于2015年5月,直径10 m,位于北部湾中部、距涠洲岛南部约80 km的海面上,能较好地代表北部湾的海洋情况。浮标站由山东省科学院海洋仪器仪表研究所研制,其上搭载了HMP155型温湿度传感器、PTB210型气压传感器、PWD20能见度传感器、05103型风传感器、AEM-CAR海流传感器以及自虹吸式50203雨量计等,观测要素包括海表面以上2 m的气温、气压、湿度、大气能见度、风向风速和海表面以下1 m的水温,时间分辨率为10 min。涠洲岛站(109°6'E、21°2'N)属于海岛站,位于气象浮标站的北面,对海雾预报的参考性较大。北海站(109°5'E、21°16'N)属于北部湾地区沿海站,各测站的地理位置见图1。

选取2016年1月至2017年12月的浮标站、涠洲岛站、北海站逐小时大气能见度、相对湿度、降雨量、风向风速和观测雾日资料,分析北部湾陆地和海洋大雾的差异性特征。参照中国气象局《地面气象观测规范》<sup>[24]</sup>对雾的定义,规定1 h平均大气能见度低于1 km、相对湿度高于90%判定为出现大雾,若一天中任一观测时次任一观测站出现大雾,则这一天为该观测站的1个大雾日。日统计是按照气象学上以北京时间20:00为日界的标准进行统计的。

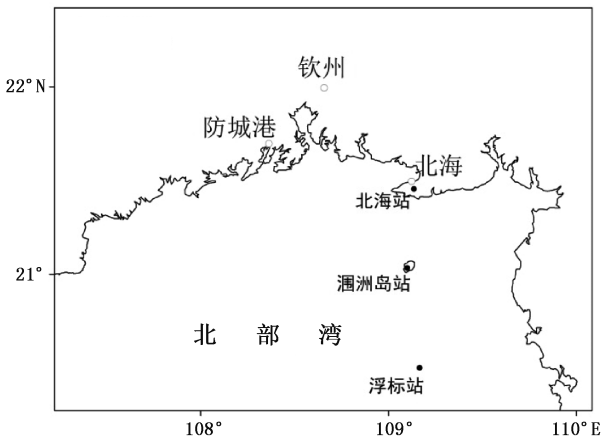


图1 北部湾海雾监测站点位置分布

## 2 北部湾海雾统计分析

海洋气象浮标站位于北部湾中部,可用来代表北部湾海洋的情况。资料统计显示,2016年共出现大雾37 d,2017年共出现大雾19 d;对比每年各月出现海雾的情况,发现海雾主要发生在春季(3、4月)和冬季(1、2月),而两年来5、11月北部湾只分别出现过1次。图2为2年来海雾出现次数的分布情况,其中3月出现海雾的次数最多,共22次,平均每年11次;其次为4月,共出现17次,平均每年8.5次;第三为2月,共出现10次,平均每年5次,其它月份极少出现海雾,两年来6—10月和12月甚至未出现过海雾。

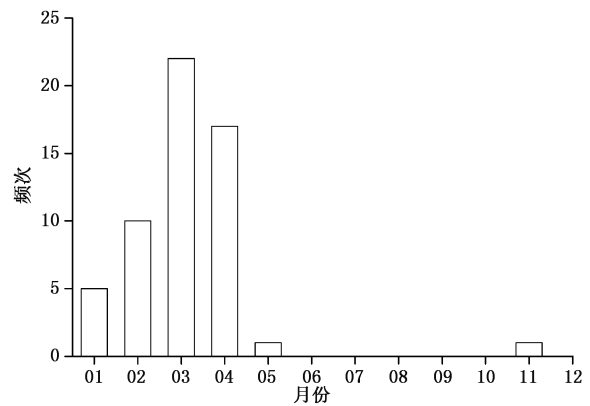


图2 2016—2017年北部湾海洋各月海雾出现总次数

进一步分析北部湾海雾的生消特征(图3),由图可知,雾的出现呈现多峰特点,最容易出现雾的时间为凌晨03:00—05:00,其次为早晨07:00,而最少出现雾的时间为下午15:00—16:00,其次为晚上21:00—22:00;上午08:00—10:00是雾消散的峰值时间,其次是下午12:00—13:00。从北部湾海雾出现和消散的时间对比可以看出,北部湾凌晨雾的出现频次要比消散频次高,中下午雾的消散频次高于出现频次,上半夜出现的雾较凌晨出现的雾维持时间长。

从海雾的维持时间来看,北部湾海雾的维持时间较短,绝大部分在3 h以内,占总数的75.0%。维持时间在1 h以内的雾所占比例最高,为48.3%,维持时间大于8 h的雾所占比例低,仅为9.2%。最短的雾只维持了20 min,维持时间最长雾发生在2016年3月19日,维持时间达到14 h 50 min,但是仍比我国东部沿海典型持续性大雾的维持时间短得多。

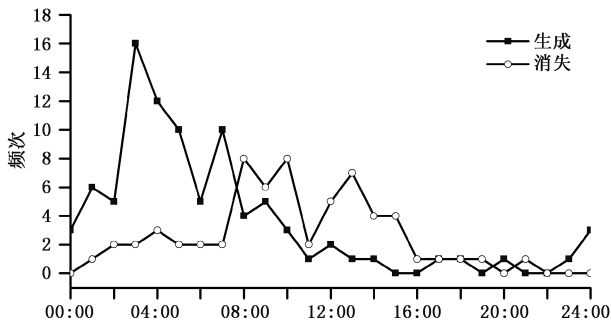


图 3 2016—2017 年北部湾海雾的生消时间及频次日变化

从季节分布来看,冬春季节不仅雾日多,而且持续时间长,平均维持时间在 150 min 以上,3 月雾的平均维持时间最长,为 180 min;夏秋季节雾特别少,平均维持时间在 30 min 以内(图略)。

### 3 海上与陆地大雾对比分析

以浮标站所有资料出现大雾日与涠洲岛、北海站进行对比。从各站大雾的总体分布情况来看,浮标站共出现大雾 56 次,涠洲岛 57 次,北海仅 11 次,涠洲岛站大雾次数与浮标站更接近。图 4 为 2016—2017 年北部湾海雾逐月的频次分布情况,3 月出现的海雾次数最多,共 40 站次,平均每年 20 站次;其次为 4 月,共出现 38 站次,平均每年 19 站次;第 3 为 2 月,共出现 21 站次,平均每年 10.5 站次;两年来 11、12、5 月北部湾只出现过 1 或 2 站次海雾,除此之外,其他月份均未出现过海雾。由此可见,北部湾海雾主要发生在冬春季(1—4 月),其中 3、4 月最多。

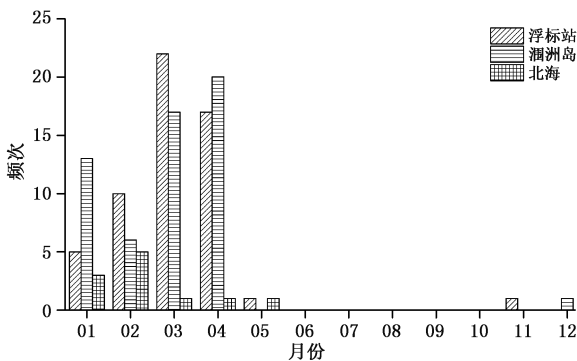


图 4 2016—2017 年北部湾浮标站、涠洲岛和北海站大雾的各月发生频次

### 3.1 海雾的生消时间对比

表 1 统计了浮标站、涠洲岛站、北海站大雾的生消时间,以探讨北部湾海上、海岛、沿岸陆地的不同地理环境条件下雾生消的特征。经对比分析发现:北部湾海雾的生消时段多集中在下半夜至早晨,海上雾(浮标站)的出现时间较海岛雾(涠洲岛站)、沿岸陆地雾(北海站)的出现时间提前约 3 h 左右,消散时间推迟约 3 h 左右。①海上雾出现时段多集中在下半夜(02:00—05:00),此时段内出现的雾约占总数的 37.5%,凌晨前后(05:00—08:00)出现雾的次数次之,约占总数的 28.4%;白天出现雾的次数最少,尤其是 14:00—17:00 出现雾的次数仅占总数的 1.1%。②海岛雾的出现多集中在凌晨前后(05:00—08:00),在这段时间内出现的雾约占总数的 36.2%,下半夜(02:00—05:00)出现雾的次数次之,约占总数的 27.2%,白天出现雾的次数最少,特别是 11:00—14:00、14:00—17:00 出现雾的次数均仅占总数的 1.3%。③而沿岸陆地雾的出现时段较为分散,相对集中的时段为 05:00—08:00,在此时段内出现的雾约占总数的 38.5%,而在 02:00—05:00 内出现雾的次数占总数的 26.8%,下半夜(02:00—05:00)出现雾的次数仅占总数的 17.4%,白天基本没有大雾的出现。进一步分析北部湾海雾消散的时间分布发现:①海上雾消散的时间多集中在上午至中午,08:00—14:00 时段内消散的雾约占总数的 57.1%,且 08:00—11:00 时段内雾的消散最集中,约占总数的 34.9%,白天(08:00—20:00)消散的雾的次数比例最大,在这 12 h 内海上雾消散的次数占总数的 76.2%。②海岛雾的消散时间多集中在 05:00—11:00,在这段时间内消散的雾的次数约占总数的 68.2%,比海上雾消散的时间提前了约 3 h,中下午(11:00—20:00)海岛雾消散的次数最少,仅占总数的 9.1%。③沿岸陆地雾在下午至晚上前后的消散比例最小,11:00—20:00 内几乎未观测到沿岸陆地雾的消散。从以上分析可以看出,不同的地域和下垫面,雾的生消时间有所不同,这主要是由雾形成的原因和下垫面的热力性质、物理特性差异不同而产生的。

表 1 2016—2017 年北部湾陆地与海洋雾生消频率

		20:00—23:00	23:00—02:00	02:00—05:00	05:00—08:00	08:00—11:00	11:00—14:00	14:00—17:00	17:00—20:00
浮标	出现	1.1	11.4	37.5	28.4	13.6	4.5	1.1	2.3
	消散	1.6	1.6	11.1	9.5	34.9	22.2	14.3	4.8
涠洲岛	出现	4.0	12.5	27.2	36.2	15.2	1.3	1.3	2.2
	消散	6.1	6.1	10.6	25.8	42.4	6.1	1.5	1.5
北海	出现	17.4	17.4	26.8	38.5	0	0	0	0
	消散	7.7	7.7	30.8	15.4	38.5	0	0	0

### 3.2 海雾期间风向风速对比

特定的风向和适度的风速是海雾生成和维持的重要因素。统计北部湾 3 个站点逐时资料,获得雾发生时其风速风向的分布特征(表 2 和图 5)。总体而言,雾绝大多数发生在风速小于等于 5 m/s 时,除浮标站(90.6%)外,各地区均达 96.0% 以上,且最易雾出现的风速范围各有差异,涠洲岛、北海站在 1~3 m/s 最易,而浮标站在 3~5 m/s 最易;当风速超过 9 m/s 后,除浮标站极个别时次出现雾外,其他地区均没有雾。可见,风速过大,湍流混合层较厚,阻碍近地面层冷却,不利于雾的形成。从不同季节(表 2)来看,大部分地区雾都以风速在 1~3 m/s 时出现最多。而浮标站位于海上,其风速普遍偏大,无论是冬季还是春季雾日数在 3~5 m/s 最多,

1~3 m/s 次之。

图 5 是北部湾海雾发生时的风向分布情况,可以看出,不同的地域海雾发生时风向差异较大。海上雾(浮标站)多出现在 NNE—SE 情况下,风向以偏北和东南气流比例最高,从季节分布来看,春季雾多为东南气流影响、冬季雾以偏北风居多,这可能与春季多为高压后部的东南气流将海上的暖湿气流输送到相对较冷的陆地形成雾有关<sup>[4]</sup>,而冬季雾多在东路弱冷空气南下遇到当地暖湿气流出现雾有关。而海岛雾(涠洲岛站)、沿岸陆地雾(北海站)多出现在偏东到东南风情况下。总之,在近海地区有雾形成时,偏南风的分量占有重要比例,一方面是海上的水汽源源不断输送,另一方面,适宜的风向将其吹向陆地,造成沿岸陆地雾的形成。

表 2 2016—2017 年不同季节北部湾不同风速段海雾出现频率

	≤1 m/s	1~3 m/s	3~5 m/s	5~7 m/s	7~9 m/s	>9 m/s
浮标	2.5/0/0/0.3	20.1/0/0/4.9	27.7/0/0/7.4	4.0/0/0/2.2	0.2/0/0/0	0.1/0/0/0
涠洲岛	0.2/0/0/0.3	2.8/0/0/2.1	2.2/0/0/1.6	0.3/0/0/0.1	0/0/0/0	0/0/0/0
北海	0.2/0/0/0.2	0.1/0/0/0.6	0/0/0/0.1	0/0/0/0	0/0/0/0	0/0/0/0

注:表格中数据分别表示春季/夏季/秋季/冬季的频率。

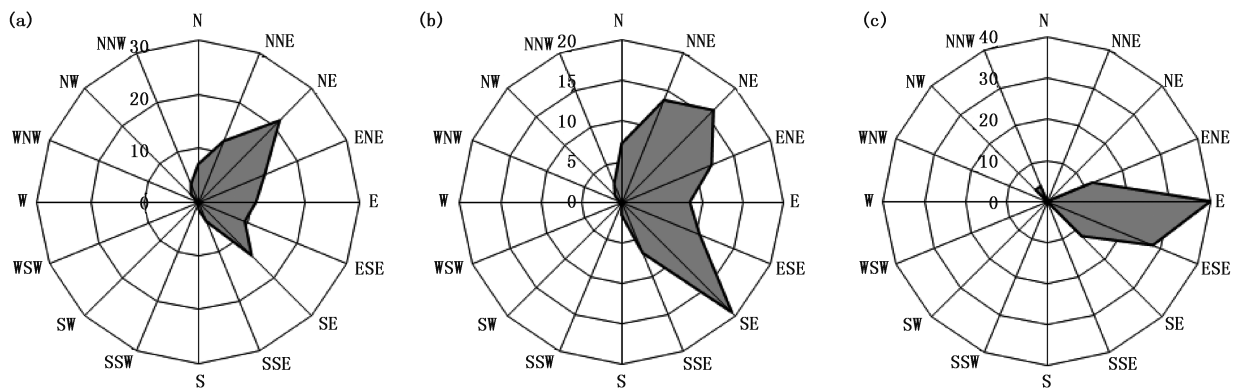


图 5 2016—2017 年北部湾不同风向上海雾出现的频率(单位: %): (a) 浮标站、(b) 涠洲岛、(c) 北海站

### 3.3 海雾与海温的关系

研究表明,北部湾海雾多以平流冷却雾为主<sup>[5]</sup>,其生成与海水表面温度(海温)分布状况、海气温差有着密切关系。利用北部湾海洋气象浮标站的海温、大气温度以及海雾监测资料,分析海雾出现频率与海温的关系(图6),可知:当海温19~21℃时,海雾出现频率最高,达35.3%;海温17~19℃时,海雾出现频率次高,为33.2%;当海温超过21℃时,海雾出现明显减少,且海温高于28℃,海雾出现频率极小。综合而言,北部湾有超过2/3(69.0%)的海雾出现在海温小于21℃的条件下,其中95%的海雾出现时海温小于25℃。进一步分析还发现,北部湾海雾日多发的3—4月,平均海水温度为19.3~22.26℃,海水温度低于大气温度,海气温差为负值,其中平均海雾日数最多的3月海气温差达-0.42℃,这是由于进入春季后,大气环流开始调整,暖湿气流不断流向本海区,与冷海水面相接触,在海面表层垂直方向上产生了温差,通过海气热量交换,水汽趋于饱和而凝结成雾。

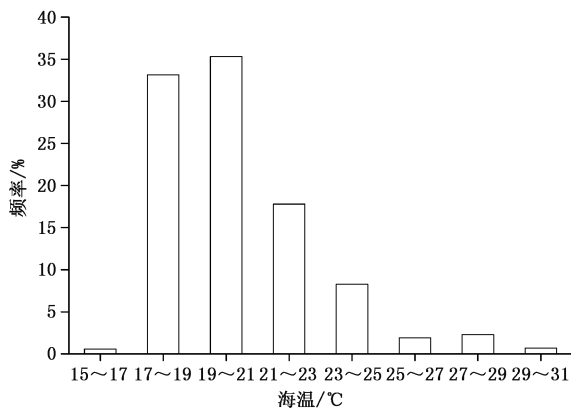


图6 不同海温北部湾海雾发生频率

## 4 结论和讨论

本文利用海洋气象浮标站的观测资料,对2016—2017年北部湾发生的海雾进行分析,并用涠洲岛站、北海站的监测资料进行对比,结论如下:

(1)2016年北部湾出现海雾37 d,2017年19 d;从月分布来看,3月海雾日数最多,4月次之,12月和6—10月未出现海雾。

(2)从雾的生消特征看,一天中雾出现峰值时间为03:00—05:00,雾消散峰值时间为08:00—10:00,凌晨雾的出现频次要比消散频次高,中下午雾的消

散频次高于出现频次;北部湾雾的维持时间绝大部分在3 h以内。

(3)浮标站与沿海两站海雾生消时间的对比分析表明,北部湾不同的地域和下垫面,大雾的生消时间有所不同,海上雾(浮标站)的出现时间较海岛雾(涠洲岛站)、沿岸陆地雾(北海站)的出现时间提前约3 h左右,消散时间推迟约3 h左右。

(4)北部湾海雾绝大多数发生在风速小于等于5 m/s的情况下,以1~3 m/s为最易雾发生,海上雾多出现在NNE—SE情况下,沿岸雾偏南风占重要比例。95%的海雾出现在海水温度低于25.0℃时,海雾多发期平均海水温度为19.36~22.26℃,海气温差为负值。

由于海洋浮标站的观测资料年限较短,分析存在不足,今后将收集更丰富的北部湾海上观测数据,同时增加海雾天气影响系统、边界层特征分析,找出海雾的预报因子和海陆雾的差异,做好北部湾海雾预报,避免和减少海上大雾造成的灾害。

## 参考文献

- [1] 任兆鹏,张苏平. 黄海夏季海雾的边界层结构特征及其与春季海雾的对比[J]. 中国海洋大学学报, 2011, 41(5): 23-30.
- [2] 韩美,高珊,曾瑾瑜,等. 台湾海峡西岸海雾研究现状与未来发展方向[J]. 气象科技, 2016, 44(6): 928-936.
- [3] 黄彬,郭云谦,张增海,等. 海雾历史检索数据库的设计和实现[J]. 气象科技, 2014, 42(1): 94-98.
- [4] 郑凤琴,李生艳,苏志,等. 北部湾海雾过程的天气系统分型研究[J]. 海洋预报, 2019, 36(4): 44-51.
- [5] 黄滢,江源源,郭亮. 广西沿海雾的气候特征及形成条件分析[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(31): 15343-15345.
- [6] 王彬华. 海雾[M]. 北京:海洋出版社, 1983.
- [7] Li Y, Zhang S P, Tnies X M, et al. Spatio-temporal detection of fog and low stratus top over the Yellow Sea with geostationary satellite data precondition for ground fog detection-A feasibility [J]. Atmospheric Research, 2015, 151: 212-223.
- [8] 刁学贤. 青岛及其近海海雾的统计分析[J]. 海洋预报, 1992, 9(3): 45-55.
- [9] 傅刚,李鹏远,张苏平,等. 中国海雾研究简要回顾[J]. 气象科技进展, 2016, 6(2): 20-28.
- [10] 周发秀,王鑫,鲍献文. 黄海春季海雾形成的气候特征[J]. 海洋预报, 2004, 26(3): 28-37.
- [11] 魏建苏,朱伟军,严文莲,等. 江苏沿海地区雾的气候特征及相关影响因素[J]. 大气科学学报, 2010, 33(6): 680-687.
- [12] 候伟芬,王家宏. 浙江沿海海雾发生规律和成因浅析[J]. 东海海洋, 2004, 22(2): 9-12.
- [13] 张春桂,何金德,马治国. 福建沿海海雾的卫星遥感监测[J]. 中

- 国农业气象, 2013, 34(3): 366-373.
- [14] 梅婵娟, 张灿. 威海沿海地区雾的气候特征及相关影响因子分析[J]. 山东气象, 2016, 36(3): 28-35.
- [15] 梁军, 张胜军, 隋洪起, 等. 大连地区大雾特征[J]. 应用气象学报, 2009, 20(1): 28-35.
- [16] 张舒婷, 牛生杰, 赵丽娟. 一次南海海雾微物理结构个例分析[J]. 大气科学, 2013, 37(3): 552-562.
- [17] 张曦, 牛生杰, 魏锦成, 等. 厦门春季海雾天气分类及典型个例宏微观结构分析[J]. 气象科学, 2016, 36(1): 121-127.
- [18] 黄辉军, 詹国伟, 刘春霞, 等. 一次华南沿海海雾个例的数值模拟研究[J]. 热带气象学报, 2015, 31(5): 643-654.
- [19] 黄惠谔, 韩美, 潘宁, 等. 福建一次春季海雾的边界层特征及其成因分析[J]. 海峡科学, 2019, 147(3): 12-15.
- [20] 曹祥村, 邵利民, 李晓东, 等. 黄渤海一次持续性大雾过程特征和成因分析[J]. 气象科技, 2012, 40(1): 92-99.
- [21] 张苏平, 任兆鹏. 下垫面热力作用对黄海春季海雾的影响—观测与数值试验[J]. 气象学报, 2010, 68(4): 439-449.
- [22] 史得道, 吴振玲, 罗凯, 等. 2015-04-28 渤海海雾形成过程中的海气相互作用分析[J]. 热带气象学报, 2018, 34(3): 324-331.
- [23] 郑怡, 李冉, 史得道, 等. 渤海中西部近海与沿岸海雾的特征分析[J]. 海洋预报, 2016, 33(6): 74-80.
- [24] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京: 气象出版社, 2003.

## Characteristics of Sea Fogs in Beibu Gulf and Differences between Heavy Fogs over Sea and Land

ZHENG Fengqin ZHOU Shaoyi WEI Jingjing GUO Xiaowei LU Xiaofeng

(Guangxi Meteorological Service Center, Nanning 530022)

**Abstract:** Based on the data of buoy, island and inland stations of the Beibu Gulf from 2016 to 2017, the seasonal variation, occurrence and disappearance characteristics, and duration of fogs and the difference between sea and land heavy fogs are statistically analyzed. The result shows that the number of sea fog days occurred in 2016 is 37 and 19 in 2017. The largest number of sea fog days occurred in March; the second is in April; and there was no sea fog occurred in December and from June to October every year. The peak time of sea fog appearing was 03:00 to 05:00, and the peak time of dissipation was 08:00 to 10:00. The duration of sea fog maintenance was within 3 hours. The generation time of sea fogs was different in different areas and underlying surfaces over the Beibu Gulf. The generation time of sea fogs (buoy stations) was about 3 hours earlier than those of island fogs (Weizhou Station) and coastal fogs (Beihai Station), and the dissipation time was about 3 hours later. The sea fogs over the Beibu Gulf mostly took place under the condition when wind speed was less than 5 m/s (1 to 3 m/s is most suitable) and wind direction was NNE to SE; ninety-five percent of sea fogs occurred when the sea water temperature was lower than 25.0 °C.

**Keywords:** heavy fog; difference between sea and land fog; Beibu Gulf